

Service des Sols.

par M. D A B I N

0 0 0

## I° Partie

### PEDOLOGIE GENERALE ET CLASSIFICATION DES SOLS

Précisions apportées par l'étude des propriétés physiques dans la classification des sols. -

Généralisation de la notion du "facteur de structure" pour la détermination du degré d'évolution des sols dans le Delta central Nigérien.

#### a) Introduction

A la suite de la prospection des sols du Kouroumary par la mission AUBERT, en mars-avril 1948, la classification pédologique adoptée fut la suivante :

1°) - Sols Bruns

2°) - Sols Brun Rouge

3°) - Sols de Mare (ou sols hydromorphes inondés)

Les deux premières catégories de sols correspondent à des types génétiques "zonaux" que l'on rencontre en différents points du globe dans les régions de climat semi-aride.

La troisième catégorie correspond à des sols de formation récente située dans les bas-fonds où dans les zones d'inondation.

A l'intérieur de ces trois grands groupes, des subdivisions ont été faites en particulier d'après leur degré d'évolution.

On a distingué des sols Bruns peu évolués  
et des sols Bruns évolués

des sols peu évolués Brun Rouge  
et des sols évolués Brun Rouge

Cette distinction n'a pas été faite pour les sols de Mare, mais nous allons montrer ici qu'il aurait été nécessaire de la faire.

La distinction entre sols Bruns peu évolués et sols bruns évolués a été faite d'après la couleur plus ou moins foncée de ces sols, et la nature plus ou moins grumeleuse de leur structure.

La distinction entre les sols Brun Rouge a été faite à l'origine essentiellement d'après la couleur (ocre foncé dans les sols évolués).

Dans les sols de Mare (sols hydromorphes inondés), on distingue également des formations de nature très voisine dont la couleur va du gris clair (sol Boi) au gris ardoise très foncé, presque noir (Boi fing). (La différence de couleur qui s'accompagne d'ailleurs d'une différence de structure est due essentiellement à la teneur en matière organique).

Le sol noir ne peut être classé dans la catégorie des sols Bruns en raison de son acidité très forte. (Le type génétique des sols Bruns de steppe possède généralement un p H neutre ou légèrement alcalin).

Nous proposons donc de distinguer un sol hydromorphe inondé peu évolué, et un sol hydromorphe inondé évolué; nous verrons plus loin une autre justification de cette notion.

b) Détermination du facteur de structure.

BAEYENS dans son remarquable ouvrage sur les sols du Congo Belge, utilise ce qu'il appelle le "Facteur de structure grumeleuse" pour déterminer le degré d'évolution des sols.

Il compare les résultats de l'analyse mécanique d'un sol après simple agitation dans l'eau distillée et les résultats de l'analyse mécanique du même échantillon par les méthodes habituelles. (Méthode internationale).

Soit I la teneur en argile obtenue à l'analyse mécanique  
I' la teneur en argile obtenue par simple agitation dans l'eau

$$\text{Facteur de structure} = \frac{I - I'}{I} \times 100$$

Si ce rapport tend vers 100 le sol possède une structure grumeleuse stable.

Si ce rapport tend vers 0 le sol n'a pas de structure stable.

BAEYENS indique que les sols pédologiquement vieux, donc évolués, ont un facteur de structure élevé alors que les sols pédologiquement jeunes et peu évolués ont un facteur de structure relativement bas. (I)

c) Comparaison du "facteur de structure" et du coefficient de dispersion en milieu concentré.

Dans notre étude des sols du Delta central Nigérien, nous utilisons un test de structure, qui consiste à déterminer le pourcentage d'éléments fins en suspension dans l'eau distillée pour un rapport Sol/Eau de 1/1,5; on rapporte la proportion des éléments en suspension au pourcentage (argile + limon) obtenu à l'analyse mécanique.

La seule différence avec le "facteur de structure" de BAEYENS est que la dispersion dans l'eau est obtenue en milieu concentré pour se rapprocher davantage des conditions naturelles du sol en place.

$$\text{Le rapport } \frac{\text{éléments en suspension}}{\text{argile + limon}} \times 100$$

peut varier de 0 à 100; il est d'autant plus bas que le sol a une structure plus stable.

En exprimant un rapport sous la forme

$$\frac{(\text{argile + limon}) - (\text{éléments en suspension})}{\text{argile + limon}} \times 100$$

on obtient un résultat très comparable au facteur de structure de BAEYENS -

(I) (Cette notion n'a plus de valeur dans le cas des sols alcalins)

d) Coefficient de dispersion des différents types de sol.

Si nous reprenons notre classification antérieure des sols du Delta Nigérien et que nous déterminons pour chaque type de sol le coefficient de dispersion, nous obtenons les résultats suivants :

Tableau N°1

	Coefficient de dispersion	Facteur de structure
Sol Brun évolué	0	100
Sol Brun peu évolué	20	80
Sol évolué Brun Rouge	0	100
Sol peu évolué Brun Rouge	25	75
Sol hydromorphe inondé évolué	0	100
Sol hydromorphe inondé peu évolué	30	70

Plus le sol est évolué, plus le "coefficient de dispersion" est bas et plus le "facteur de structure" est élevé.

Cette généralisation de la notion du "Facteur de structure" est extrêmement précieux pour la classification des sols; non seulement nous avons là une nouvelle justification de la distinction entre le sol hydromorphe inondé évolué (Boi fing) et le sol hydromorphe inondé peu évolué (Boi), mais nous vérifions la valeur du point de vue pédologique et aussi agronomique, de la classification des sols adoptée par la Mission AUBERT en 1948.

Conséquences pratiques de ces observations pour la cartographie de détail.-

Du point de vue pratique, cette classification présente de sérieux avantages sur la classification vernaculaire adoptée à l'Office du Niger; en effet, si la classification vernaculaire permet de distinguer les sols bruns peu évolués (Dian) des sols bruns évolués (Moursi), les sols hydromorphes inondés peu évolués (Boi) des sols hydromorphes inondés évolués (Boi fing), par contre, dans la catégorie des sols Brun Rouge règne la plus grande confusion.

Si le type "Danga" représente la plupart du temps un sol peu évolué à facteur de structure relativement bas, (I)

par contre le type "Danga blé" groupe à la fois des sols peu évolués à facteur de structure bas, et des sols très évolués dont le facteur de structure est maximum (on observe dans ce sol la présence d'un véritable pseudosable, correspondant à la définition de BAEYENS, c'est à dire formé d'éléments colloïdaux soudés entre eux par des oxydes de Fer).

(I) Nous avons trouvé dans le Houroumary de très larges zones de sol Brun Rouge évolué, sous l'étiquette "Danga".

Le sol Brun Rouge évolué correspond à peu près à ce que nous avons appelé "Danga blé argileux" pour corriger en partie l'insuffisance de la classification vernaculaire, mais ce n'est là qu'un pis aller, car on rencontre des sols Brun Rouge argileux peu évolués.

La classification vernaculaire a été choisie de préférence à la classification pédologique en raison de son apparente simplicité; mais la redécouverte officielle des terres "Danga blé" dans la zone d'extension de la station de Kogoni, a causé pas mal de surprises et de discussions.

Si pour les études à grande échelle effectuées par des opérateurs africains et destinées simplement à prévoir l'élimination de terres réellement incultivables, on peut conserver la dénomination vernaculaire avec au besoin quelques précisions complémentaires, (Danga blé-Séno par exemple), par contre, pour les travaux de "pédologie fine" dont l'exécution doit être confiée à un pédologue, il est absolument nécessaire de reprendre la classification pédologique détaillée, qui tient compte des propriétés agronomiques des sols.

S'il existe pour les sols Bruns et les sols de Mare (I) une correspondance précise entre la classification pédologique et la classification vernaculaire, par contre cette dernière est tout à fait insuffisante dans le cas des sols Brun Rouge.

- |   |           |
|---|-----------|
| 1) Sol Brun Rouge lessivé sableux .....         | Séno      |
| Sol Brun Rouge lessivé érodé par le vent ....   | Danga blé |
| 2) Sol Brun Rouge peu évolué sableux .....      | Danga     |
| Sol Brun Rouge peu évolué sablo limoneux ....   |           |
| Sol Brun Rouge peu évolué limono sableux ....   |           |
| Sol Brun Rouge peu évolué érodé par le vent )   | Danga blé |
| sablo limoneux .... )                           |           |
| Sol Brun Rouge peu évolué érodé par le vent )   |           |
| limono sableux .... )                           |           |
| 3) Sol Brun Rouge évolué limono sableux .....   |           |
| Sol Brun Rouge évolué limono argileux .....     |           |
| Sol Brun Rouge évolué limono sableux à limono ) |           |
| argileux érodé par le )                         |           |
| vent et par l'eau )                             |           |
| avec gravillons .....                           |           |

Les trois premiers termes de la classification pédologique sont à éliminer d'emblée des aménagements hydrauliques.

En outre la distinction des zones boisées et des zones érodées est très importante; les africains utilisaient autrefois le terme "wala wala" qui a été supprimé ensuite par souci de "simplification"; ces sols dénudés et fortement érodés ont en effet un taux de matières organiques particulièrement bas, et ne sont vraisemblablement pas d'une grande fertilité; enfin, les sols Brun Rouge évolués ont des propriétés tout à fait particulières. (Voir annexe)

(I) Nous laissons de côté les sols de Marigot (Boi blé) encore peu étudiés et n'occupant que de faibles surfaces.

Conclusion. -

Nous avons montré de quelle façon, grâce au facteur de structure il était possible de préciser la classification pédologique des sols; à l'intérieur des grandes catégories ainsi délimitées, des subdivisions doivent être faites, compte tenu de la texture (sable-limon-argile) et de l'action de l'érosion.

La détermination de ces différents facteurs de la classification des sols nécessite non seulement des études détaillées sur le terrain, mais également des analyses au laboratoire.

A N N E X E N° I

Comparaison d'un sol Danga blé

Type moyen (sol Brun Rouge peu évolué sablo-limoneux)  
et d'un sol Danga blé

Type argileux (sol Brun Rouge évolué limono argileux)

Analyse mécanique  
et propriétés physiques

		Sol Brun Rouge <u>peu évolué</u> 0-25 cm	Sol Brun Rouge <u>évolué</u> 0-25 cm
Sable grossier	%	30.25	22.48
Sable fin	%	54.36	36.32
Limon	%	5.32	8
Argile	%	10	32
Agrégats 0.2 mm	%	48	48
Dispersion	%	30	0
Perméabilité			
Moyenne mètres sec.		6,1.10 <sup>-6</sup>	2,7.10 <sup>-5</sup>
Retention pour l'eau	%	15.4	31.3

Matières organiques

Carbone	%	0.225	0.29
Mat. organique totale	%	0.45	0.58
N	%	0.03	0.037
C/N		7.5	7.8

Eléments minéraux

P 205 total	%	0.1	0.17
Calcium échangeable	%	0.44	0.48
Sodium échangeable	%	0.051	0.025

Eléments échangeables  
milliéquivalents pour  
100 grs

Calcium		2.2	2.4
Sodium		0.22	0.11
Na/Ca	%	10.	4.5
Capacité totale d'échange de base			
meq		1.8	34.4
pH		5.8	4.4

Les caractéristiques essentielles du sol Brun Rouge évolué sont:

- Une teneur en argile relativement élevée
- Une très grande perméabilité
- Une consistance très friable en saison sèche
- Une teneur moyenne en matière organique et acide phosphorique
- Une très forte acidité

Cette dernière caractéristique rend ce sol vraisemblablement peu fertile en culture cotonnière, malgré ses bonnes propriétés physiques.

Le sol Brun Rouge peu évolué, malgré ses propriétés physiques moins bonnes, possède une fertilité d'ensemble aussi bonne sinon supérieure à celle du sol Brun Rouge évolué.

Sur le sol Brun Rouge évolué il conviendrait d'essayer l'action d'un amendement calcaire, ou calco-magnésien.

N.B.) Le sol Brun Rouge évolué occupe de grandes surfaces dans le Kouroumary; on le trouve sous boisement dense de Pterocarpus lucens ou sous culture de mil; son aspect superficiel est pulvérulent et on peut le confondre aisément avec un sol sablonneux; il est de couleur ocre rouge.



## II° Partie

### ETUDE CONCERNANT L'AMELIORATION DE LA STRUCTURE PHYSIQUE DES TERRES

#### La matière organique dans les sols

##### Introduction

Le problème de l'amélioration de la structure physique des terres est à l'ordre du jour à l'Office du Niger; différentes notes et rapports ont été rédigés sur cette question (1), des essais ont été entrepris dans les stations d'expérimentation, et sur la moitié de la superficie des terres aménagées de la région de Niono, destinées à la culture du coton, il nous a été demandé d'étudier l'effet sur la structure du sol de divers amendements organiques, et en particulier de suivre l'évolution des terres où l'assolement coton-mil engrais vert était adopté.

Cette étude nous a conduit à réaliser de très nombreuses analyses comportant des dosages de matières organiques (essentiellement carbone et azote) et la détermination complète des propriétés physiques et physico-chimiques des sols.

Ces analyses ont été effectuées sur les essais d'assolement des stations de Kayo, et de Kogoni, sur les sols de la station du Sahel où l'on pratique l'assolement coton-mil engrais vert depuis 1945, et sur des essais complexes d'apport de matières organiques et de chaux dans les sols de Kogoni et de Kayo.

Nous avons en outre entrepris l'étude de l'évolution des sols en certains points repérés avec précision dans les champs des colons (2). Enfin, pour compléter les études effectuées sur le sol en place, nous avons réalisé un essai en grands bacs de végétation dans le but d'expérimenter l'action sur la structure du sol de la matière organique employée seule et en mélange avec la chaux et les engrais minéraux.

##### Résultats obtenus

#### ETUDE SUR LES SOLS EN PLACE

##### A - Riziculture -

##### Essai d'assolement entrepris à la station de Kayo

Cet essai d'assolement est entrepris depuis 1947; il comprend essentiellement l'étude comparative de quatre types d'assolement, deux assolements biennaux, riz jachère et riz engrais vert (Crotalaria .../.

(1) Voir en particulier - Contribution à l'étude du maintien de la fertilité en culture cotonnière dans le Delta central Nigérien par MR METGE, Chef du Service des Recherches.

(2) Voir Etude des Sols des différents centres de colonisation de l'Office du Niger - Octobre 1951 -

retusa) et deux assolements triennaux : riz - riz - jachère, et riz - riz - engrais vert.

Le relevé des rendements se fait chaque année dans les différentes soles, et depuis les campagnes 1950-51, on effectue également chaque année des analyses de sol dans les différentes parcelles d'essai.

L'observation des rendements montre que dans les assolements ne comportant pas d'engrais verts, les rendements moyens semblent avoir diminué avec le temps, alors qu'ils se maintiennent et paraissent même augmenter légèrement dans les assolements comportant des engrais verts.

L'analyse du sol semble montrer également que certaines parcelles recevant de l'engrais vert ont une teneur en azote légèrement plus élevée que les parcelles ne recevant pas d'engrais vert, et un rapport C/N plus bas. Les résultats ne sont cependant pas bien nets; entre l'assolement comportant la plus grande densité de riz et l'assolement comportant la plus grande densité d'engrais vert, il n'y a pratiquement pas de différence. Les teneurs en matières organiques totales sont dans les différentes parcelles, sensiblement identiques.

Les différences observées dans le taux de P 205, expliquent peut-être aussi les différences de rendement.

#### A S S O L E M E N T

- avec répétitions dans le temps -

N° des :	47	:	48	:	49	:	50
parcel :		:		:		:	
les							
2	:Jachère	:Riz = 3.200	:Jachère	:Riz = 1.742	:		
3	:Riz = 3.200	:Jachère	:Riz = 2.100	:Jachère	:		
4	:Jachère	:Riz = 3.600	:Riz = 3.000	:Jachère	:		
5	:Riz = 3.100	:Jachère	:Riz = 2.800	:Riz = 3.455	:		
6	:Riz = 3.700	:Riz = 3.500	:Jachère	:Riz = 2.902	:		
7	:Retusa	:Riz = 3.700	:Retusa	:Riz = 3.681	:		
8	:Riz = 3.400	:Retusa	:Riz = 3.200	:Retusa	:		
9	:Retusa	:Riz = 3.300	:Riz = 3.800	:Retusa	:		
10	:Riz = 3.000	:Retusa	:Riz = 3.500	:Riz = 4.244	:		
11	:Riz = 3.100	:Riz = 3.900	:Retusa	:Riz = 3.314	:		

#### Analyse du sol essai d'assolement Kayo 1951-52

	Jachère	Riz	R	J	R	Engrais vert	Riz	EV	R
	AIP2	AIP3	AIP4	A2P5	A2P6	A3P7	A3P8	A4P9	A4P10:A4P11
	% 0.4	:0.52	:0.55	:0.43	m0.57	:0.41	:0.44	:0.47	:0.44 :0.52
MO	% 0.8	:0.04	:1.10	:0.86	m1.14	:0.82	:0.88	:0.94	:0.88 :1.04
N	% 0.039	:0.048	:0.048	:0.056	:0.056	:0.053	:0.053	:0.05	:0.059:0.059
C/N	10.2	:10.9	:11.5	:8	:10.1	:7.8	:8.3	:9.4	:7.4 :9

La comparaison des analyses 1951-1952, avec les analyses 1950-51, ne montre pas de différences bien nettes entre les teneurs en azote des différentes parcelles, sauf peut-être pour la parcelle N°1 (ce fait peut être accidentel).

Les prélèvements ayant été effectués peu après la récolte, la teneur en carbone et le rapport C/N sont en général plus élevés dans les parcelles ayant porté du riz, que dans les parcelles restées en jachère ou ayant porté l'engrais vert.

L'étude complète des propriétés physiques effectuée en 1950-51 ne montre pas d'action appréciable des apports d'engrais verts sur la structure physique des sols; on observe des variations du coefficient de dispersion conditionnées par la valeur du rapport Na/Ca.

En conclusion, il semble bien que l'action de l'engrais vert (qui est une légumineuse) se manifeste essentiellement par un accroissement transitoire du taux d'azote dans le sol (par rapport aux parcelles ne recevant pas d'engrais vert), ce qui explique l'accroissement relatif des rendements.

Ce fait semblerait donc prouver une certaine activité des bactéries des nodosités de la rootaire.

L'accroissement du taux global de matières organiques est par contre insignifiant, ainsi que l'amélioration des propriétés physiques des sols. On note, dans la mesure où il est possible de conclure, un léger enrichissement superficiel en Ca échangeable et P205 total.

Etant donné que l'action de l'engrais vert (cultivé en culture principale, c'est à dire remplaçant une culture rémunératrice de riz), semble se réduire essentiellement à un apport d'azote dans le sol, nous nous demandons si une solution plus économique ne consisterait pas à accroître le taux de matières organiques du sol par l'enfouissement intégral des pailles, et apporter l'azote sous forme d'engrais, quitte à pratiquer une jachère nue de temps à autre afin de reposer le sol et de détruire les plantes adventives.

## B - Culture cotonnière

### Assolement de la station du Sahel

A la Station cotonnière du "Sahel" située sur terre "Danga" sablo-limoncux, l'assolement coton-mil engrais vert est poursuivi depuis 1946; nous avons effectué un certain nombre de prélèvements en différents points les uns près de l'arrosoir IG, les autres près de l'arrosoir 2G (I), mais sensiblement à la même hauteur de façon à rester dans les limites d'un même type de sol.

En fait l'analyse des prélèvements montre une grande homogénéité dans les taux de matières organiques (carbone et azote); les taux d'argile varient de 6% à 10% et conditionnent pour une très large part, les propriétés physiques du sol.

Les prélèvements sur l'arrosoir IG ont été effectués en Juin 1950, avant la décomposition du Mil; la terre a été recueillie entre les grandes "cannes à pêche" et ne comportait en fait qu'un seul enfouissement de Mil décomposé; sur l'arrosoir 2G, trois soles Mil engrais vert et trois soles coton se sont succédées depuis 1946; les prélèvements ont été effectués en Octobre 1951 sur la sole coton, après décomposition complète du Mil engrais vert.

Pratiquement les terres de l'arrosoir 2G ont reçu deux soles engrais vert de plus que les terres de l'arrosoir IG.

L'examen des taux de carbone et d'azote dans les divers prélèvements ne permet pas de déceler la moindre différence dans les teneurs en matières organiques, quelles que soient les quantités d'engrais vert introduites dans le sol; en outre, le taux moyen de matières organiques (0.45 à 0.50% avec C/N voisin de 8) est le taux caractéristique des terres Danga à 10 % d'argile, qu'il s'agisse de terres vierges ou de sols cultivés depuis 10 ans en colonisation sans aucun apport d'engrais vert d'aucune sorte.

#### Sols de type Danga

	Sol vierge	Sol cultivé depuis 10 ans Niono - part. NI - Arr. 6G
Argile %	11.35	11
Matière org. totale %	0.402	0.48
Carbone %	0.001	0.24
Azote %	0.025	0.028
C/N	8.05	8.5

Ces taux de matière organique sont très faibles et n'agissent que fort peu sur les propriétés structurales de ces sols.

Les propriétés physiques dans les sols de la Station du Sahel, restent essentiellement fonction de la teneur en argile et de la composition chimique du complexe absorbant; le coefficient de dispersion demeure très élevé.

D'après les renseignements obtenus, il semble que les rendements en coton à la Station du Sahel, qui en moyenne, varient de 800 à 1.000 Kg/ha, soient pour la campagne 1951-1952, particulièrement élevés (de l'ordre de 1.300 à 1.400 kg, paraît-il); plusieurs facteurs ont pu intervenir pour l'obtention de ces rendements, en particulier le sous solage et le planage des terres et un contrôle efficace des mauvaises herbes; mais en outre, nous n'avons retrouvé dans le sol aucun débris de tige de mil; étant donné également les résultats de l'analyse du sol, il est permis de penser que la matière organique s'est trouvée entièrement décomposée et que les éléments minéraux qu'elle contenait, en particulier l'azote, ont été mis à la disposition des plantes, en plus de la quantité d'éléments fertilisants minéralisés normalement chaque année; on peut dire que les éléments minéraux destinés à deux récoltes ont été mis à la disposition d'une seule, et c'est là le mode d'action véritable du Mil engrais vert dans les terres de type Danga où l'activité biologique est relativement intense.

Cette augmentation des rendements est-elle vraiment intéressante, sur le plan économique? Ceci est plus discutable du fait que l'engrais vert est cultivé en culture principale et prend la place d'une culture de coton. Deux cultures de coton à 800 kg hectare (voir 1.000 kg), soit 1.600 à 2.000 kg au total, sont aussi intéressantes à ce point de vue, que l'assolement coton-mil engrais vert, même avec 1.400 kg de coton hectare.

L'avantage de l'assolement coton-mil engrais vert, devrait être avant tout, de laisser dans le sol un résidu humique très important, et d'améliorer les propriétés physiques du sol; or, d'après ce que nous venons de voir, il nous est impossible de déceler une amélioration même très faible du taux de matière organique du sol. Seule apparaît une certaine amélioration de la teneur du sol en éléments fertilisants.

## Conclusion sur les essais d'assolement

Que peut-on conclure des résultats précédents ?

Etant donnée la difficulté d'obtenir sur le sol en place des résultats d'une extrême précision, nous ne pouvons pas affirmer que l'action améliorante du mil engrais vert en tant qu'amendement humique, soit absolument nulle; il y a vraisemblablement une très légère augmentation du taux de matière organique, mais qu'il est impossible de déceler, car elle est nettement inférieure à la variabilité naturelle du sol.

Mais le véritable problème n'est pas là.

Le mil à maturité, a été choisi comme engrais vert en raison de la masse considérable de matière organique apportée au sol.

Dans le rapport annuel 1948 du Service des Recherches, on lit la phrase suivante : " une bonne teneur en matière organique totale pour un sol cultivé, est de 2%. Pour 4.000 tonnes de sol arable à l'hectare, cela représente 80 tonnes de matières organiques. Sans faire intervenir les micro-organismes saprophytes et symbiotiques, mais en tenant compte du système racinaire de l'engrais vert, on obtient avec une seule culture de Sorgho (apportant 40 tonnes de matières organiques à l'hectare) près de la moitié de la dose totale de matière organique d'un bon sol de culture."

Chaque culture de mil engrais vert apporte donc au sol environ 1 % de matières organiques, trois soles devraient apporter 3 %.

Dans la suite du rapport, il est insisté sur le fait qu'étant donné le coût élevé de la sole mil engrais vert, l'opération n'est rentable qu'à cette condition, à savoir, amélioration très rapide du taux de matière organique du sol.

Au bout de quelques années il est prévu l'abandon de cette sole coûteuse, car le taux de matières organiques étant porté à un niveau élevé, il peut alors être conservé grâce aux simples résidus des récoltes.

En fait, après 6 années d'expérimentation, le taux de matières organiques totales dans le sol de la Station du Sahel reste en moyenne de 0.5 % .

A quoi peut-on attribuer cette différence entre les données théoriques sur le mil engrais vert, et les résultats obtenus ?

1°- Il est possible que les rendements en matières organiques envisagés (30 à 40 tonnes de matière sèche à l'hectare) soient trop élevés; mais en admettant la moitié ou même le tiers de ces quantités, on devrait observer dans le sol (d'après les raisonnements précédents) un accroissement du taux de matières organiques d'environ 1 % .

2°- La véritable raison est que la matière organique des débris végétaux et la matière organique du sol, sont deux choses très différentes.

Lorsqu'on admet qu'une bonne teneur en matières organiques dans un sol de culture est de 2 %, il s'agit non pas de 2 % de débris végétaux non transformés, contenant dans le cas du mil engrais vert 0.28 % d'azote (soit un C/N de plus de 150), mais de 2 % de matières organiques en partie humifiées dont le rapport Carbone/azote est voisin de 10.



(Dans le cas des sols Danga, le rapport C/N de la matière organique est en moyenne de 8). (I)

Pour accroître le taux de matière organique dans le sol de 1 %, il faut non seulement apporter 20 tonnes de carbone à l'hectare (ce que réalise théoriquement une seule culture de sorgho), mais également 2 tonnes d'azote; même en admettant que chaque sole de mil apporte 40 tonnes de matières sèches à l'hectare, la quantité d'azote apportée est de l'ordre de 120 kg.

Ce raisonnement n'est d'ailleurs valable que dans le cas d'une matière organique apportée de l'extérieur, mais dans le cas d'un mil engrais vert, l'azote incorporé au sol provient du sol lui-même, c'est à dire de la minéralisation d'une quantité de matière organique correspondante, ou de la fixation directe par les micro-organismes du sol. Mais, comme nous allons le voir, cette dernière est très faible.

Quel est donc le gain réel apporté par la sole "mil engrais vert" ?

Dans les données théoriques sur la valeur du "mil engrais vert", on insiste sur le fait que le sorgho à maturité est une plante riche en éléments ligneux et dont le rapport C/N est particulièrement élevé, facteurs essentiellement favorables à la fixation de l'azote atmosphérique et à la formation d'humus. (Combinaison complexe de la lignine avec les protéines des micro-organismes).

Si nous sommes entièrement d'accord en ce qui concerne le rôle joué par la lignine dans l'élaboration de l'humus, par contre nous ne le sommes plus du tout en ce qui concerne le phénomène de fixation de l'azote atmosphérique.

#### Etude du phénomène de fixation de l'azote atmosphérique

La plupart des données actuelles concernant la fixation de l'azote atmosphérique, et la biologie des micro-organismes fixateurs, sont rassemblées dans l'ouvrage de POCHON et TCHAN, Précis de microbiologie du sol, collection des monographies de l'Institut Pasteur. Il ressort de cette étude que l'alimentation carbonée des azotobactéries se fait essentiellement aux dépens d'hydrates de carbone facilement fermentescibles, la cellulose n'est utilisée qu'après transformation préalable par les bactéries cellulolytiques (les auteurs pensent qu'il y aurait une sorte de symbiose entre ces bactéries et les fixateurs d'azote); quant à la lignine, forme du carbone particulièrement stable, elle n'est pas utilisée.

Enfin et surtout, "les meilleurs rendements de la fixation sont de l'ordre de 1 d'azote fixé pour 100 de carbone consommé."

En fixation aérobie, le carbone est brûlé à l'état de CO<sub>2</sub>.

Pratiquement dans le "mil engrais vert", la principale forme du carbone qui est la forme ligneuse, n'est pas utilisée par les fixateurs d'azote; enfin, il faut perdre 10 tonnes de carbone pour fixer 100 kg d'azote.

(I) Le rapport C/N est caractéristique de chaque type de sol et à une ou deux unités près, n'est pas susceptible d'importantes variations.

En résumé, pour 10 tonnes de mil engrais vert enfoui, la fixation d'azote ne dépasse vraisemblablement pas une trentaine de kilos, et c'est là le seul gain réel apporté par la sole de mil-engrais vert. Encore ce chiffre est-il probablement supérieur à la réalité.

Comme nous le voyons, nous sommes loin des deux tonnes d'azote à l'hectare nécessaires pour accroître le taux de matières organiques du sol de 1 %.

Même en admettant l'apport maximum de mil-engrais vert, soit 40 tonnes hectare tous les 2 ans, cela fait près de 20 solos de mil pour obtenir le taux de 1% désiré, soit environ quarante ans. (Ces chiffres sont parfaitement en accord avec les résultats obtenus aux E.U. où l'on estime qu'il faut environ 1 siècle pour modifier le taux de matières organiques du sol de 2% par l'emploi des engrais verts.)

Cela donne une idée du coût approximatif de cette opération lorsque la matière organique est obtenue, par l'intermédiaire d'une graminée, en culture principale, c'est à dire remplace une culture rémunératrice de coton. Du point de vue économique, la fixation d'azote par voie biologique ne peut se justifier que si le carbone enfoui est un carbone bon marché, c'est à dire provenant d'une culture dérobée, ou constituant le sous produit inutilisable d'une culture rémunératrice (paille de riz ou de mil vivrier). Dans le cas contraire, il est infiniment plus économique d'apporter l'azote sous forme d'engrais.

Remarquons cependant que nous n'abordons ici qu'un aspect, mais le plus essentiel, du rôle de l'engrais vert.

#### C - Expériences complémentaires sur l'enfouissement des matières organiques dans le sol.

Pour obtenir une accumulation plus rapide de la matière organique dans les sols, on a réalisé des apports massifs de débris végétaux provenant de l'extérieur.

A Kogoni, on a réalisé un essai comportant des apports de matières organiques (20 tonnes ha) en mélange avec la chaux.

A la Station de Soninkoura, nous avons effectué un essai complexe en grands bacs de végétation, en utilisant la terre de Kogoni, afin d'étudier l'action de la matière organique seule et en mélange avec la chaux et les engrais minéraux.

##### a) ESSAI DE KOGONI

L'essai est réalisé sur grandes parcelles, longues et étroites, les traitements étudiés sont les suivants :

- 1) Témoin
- 2) Chaux 5 tonnes ha + Matière organique 20 tonnes ha
- 3) Chaux 5 tonnes ha
- 4) Matières organiques 20 tonnes ha

Bien que prévu dans le plan d'expérimentation, le 4ème traitement manque.

### Résultats obtenus

Les amendements ayant été enfouis en Juin avant les semis, nous avons observé les résultats en novembre après cinq mois de culture cotonnière. Contrairement à ce que l'on observe à la Station du Sahel, on retrouve en surface dans le sol Dian de Kogoni, une grande partie des tiges de mil non décomposées.

Cette différence tient essentiellement au fait que dans les sols argileux et compacts, les phénomènes biologiques sont moins intenses que dans les sols sablonneux et légers, mieux aérés.

Le mil ayant été enfoui sur une profondeur de 20 cm, nous avons effectué deux prélèvements par parcelle, l'un sur 0-10cm, l'autre sur 10-20 cm. (I)

Sur 0-10 cm, les tiges de mil ne sont pas décomposées; sur 10-20 cm, elles sont en grande partie décomposées.

Nous avons évalué dans les divers prélèvements effectués le pourcentage de tiges non décomposées, par rapport au poids de terre sèche - (voir tableau de résultats).

#### Bilan de la matière organique dans le sol.

##### 1°) Traitement "chaux et matières organiques"

Apport = 20 tonnes ha sur 0-20 cm

Poids de terre sur 0.20 cm, (densité apparente = 1,2) = 2.400

Tonnes ha -

Pourcentage de débris végétaux non décomposés = 0,255 %

Poids à l'hectare :  $\frac{2.400 \times 0.255}{100} = 6$  tonnes

Matière organique transformée :  $20 - 6 = 14$  tonnes

La matière organique transformée se trouve entre 10 et 20 cm.

En surface(0-10), on ne note pas d'accroissement du taux d'azote dans le sol, dans la parcelle chaux + matière organique (à part l'azote des débris végétaux).

En profondeur, le taux d'azote passe de 0,04 % dans les parcelles témoin et chaux, à 0,045 % dans la parcelle chaux + matière organique (accroissement du taux de carbone indécélable)

Gain d'azote entre 10 et 20 cm = 0,005 %

Soit à l'hectare :  $1.200 \text{ T} \times \frac{0,005}{100} = 60 \text{ kg azote}$

14 tonnes de mil apportant:  $14 \text{ T} \times \frac{0,28}{100} = 40 \text{ kg azote}$

La combustion de la plus grande partie des éléments carbonés (que l'on ne retrouve pas dans le sol), provoque la fixation d'une vingtaine de kilos d'azote (ce qui confirme à peu près les chiffres du chapitre précédent).

(I) Dans chaque parcelle les prélèvements ont été effectués en un point situé à 10 m du bord de la parcelle.



(Les éléments ligneux non humifiés sont vraisemblablement détruits par la microfaune du sol).

L'azote contenu dans la matière organique, et fixé par voie biologique, reste donc bloqué dans le sol sous forme d'humus; ce sont là des conditions favorables à l'accroissement du taux d'humus dans le sol, par contre, à l'inverse de ce qui se passe dans les sols Danga de la Station du Sahel, il ne semble pas que l'on puisse noter une action favorable de la matière organique sur le rendement des cotonniers, l'azote n'étant pas minéralisé.

## 2°) Action de la matière organique et de la chaux sur la structure du sol .-

On note une action assez nette sur la perméabilité surtout en profondeur.

Il est difficile de différencier l'action de la chaux, de l'action de la matière organique, du fait qu'il manque le traitement "matière organique seule", et aussi parce que les apports de chaux ne sont pas homogènes.

Cependant il semble bien que l'accroissement du taux d'azote (correspondant à une augmentation du taux d'humus), provoque une plus grande stabilité des agrégats et augmente la vitesse de filtration par rapport au traitement "chaux seule".

Il est possible que l'action de ces divers traitements sur les rendements en coton, soit peu significative, mais il ne faut pas oublier que la structure du sol n'agit qu'indirectement sur les rendements; enfin, l'amélioration reste trop superficielle pour être réellement efficace; le principal est encore de pouvoir la déceler par l'analyse du sol.

## **b) ESSAI SUR L'AMÉLIORATION DE LA STRUCTURE DU SOL EN BACS DE VÉGÉTATION**

### Introduction -

Nous avons vu que les expériences faites sur le sol en place manquent généralement de précision; nous avons donc cherché à opérer dans des conditions plus rigoureuses en partant d'une terre homogénéisée, et en incorporant de très fortes quantités d'amendements organiques et minéraux finement pulvérisés et très soigneusement mélangés à la terre.

### Dispositif expérimental -

On a utilisé des demi fûts d'essence ouverts à la base (capacité : 100 litres).

Les fûts ont été placés dans des alvéoles creusées dans une terre sablonneuse (terre de la station expérimentale de Soninkoura).

Lorsque les fûts ont été ainsi enterrés, ils ont été remplis avec de la terre provenant de la Station de Kogoni, environ 100 kg de terre par fût.

Les engrais et amendements ont été incorporés dans la partie supérieure de la terre des fûts (50 kilos).

Les quantités utilisées ont été les suivantes :

- Matière organique = 2% du poids sec, soit 1 kg pour 50 kg terre
- Chaux = 0,25 % soit 125 grammes pour 50 kilos de terre
- N sulfate d'ammoniaque = 0,025 % 12 gr 5
- P phosphate de chaux = 0,05 % 25 gr
- K chlorure de potassium = 0,02 % 10 gr
- Mg chlorure de magnésium = 0,01 % 5 gr

Ces quantités rapportées à 1'ha sont les suivantes (sur 25cm):

D = 1,2 - 3.000 tonnes de terre ha

- Matières organiques 60 tonnes (environ)
- Chaux 7.500 kg
- Sulfate d'ammoniaque 750 kg
- Phosphate de chaux 1.500 kg
- Chlorure de potassium 600 kg
- Chlorure de magnésium 300 kg

#### Liste des traitements essayés

<u>N° du fût</u>	<u>Traitement</u>
I	Témoin
2	Paille de riz 2%
3	Crotalaire 2%
4	Graminée en vert 2%
5	Chaux (0,25%)
6	Chaux + paille de riz
7	Chaux + paille de riz + N.P.K.
8	N.P.K.
9	Chaux + paille de riz + N.P.K.Mg
10	Chaux + N.P.K.Mg

#### Conduite de l'essai et contrôle de la croissance des végétaux

Les semis ont été effectués le 13 Juillet (I), après arrosage à la main; les cotonniers ont ensuite poussé avec les pluies, puis

(I) On a semé quatre paquets par fût puis démarrié de façon à ne conserver que quatre cotonniers par fût.

à partir d'octobre, il a fallu de nouveau arroser à la main à raison de deux arrosoirs par bac, deux fois par semaine.

#### Contrôle de la croissance des plants -

En début de végétation nous avons tous les huit ou dix jours, évalué la hauteur des plants, puis à partir du mois d'octobre, une fois par mois seulement.

#### Résultats obtenus

Nous avons tracé les courbes de croissance des cotonniers pour tous les traitements, par contre, nous n'avons pas relevé les rendements, et cela pour deux raisons :

a) A partir du début de septembre un parasitisme terrible s'est abattu sur les plants de cotonnier les mieux développés. (La Station de Soninkoura était un endroit fort mal choisi pour un essai de ce genre, en raison de la proximité de vergers, pépinières et jardins potagers arrosés toute l'année et infestés d'insectes);

b) Dès que les plants ont eu un développement suffisant, les racines ont pénétré dans la terre sablonneuse de Soninkoura et s'y sont enfoncées de plus d'un mètre; les différentes courbes de croissance sont alors devenues concourantes.

A part cela, les résultats obtenus présentent un intérêt considérable, et l'observation des courbes de croissance au cours des trois premiers mois de végétation est très instructive.

#### 1°) Action dépressive des apports de matière organique sur la croissance des végétaux -

Au cours des 15 premiers jours de végétation dans tous les traitements comportant de la matière organique, on a observé un ralentissement considérable de la croissance des cotonniers par rapport au témoin et aux traitements sans matière organique.

Au bout de ce laps de temps, on a observé des différences. Dans les traitements comportant une matière organique verte et riche en azote (crotalaire), le démarrage des cotonniers a été le plus rapide; puis, un peu plus tard, on a observé le démarrage des plants, dans le traitement graminée en vert, moins riche en azote, enfin, dans le traitement paille de riz (matière organique à C/N élevé, pauvre en azote), les cotonniers ont végété pendant près de deux mois avant de démarrer. (I)

L'apport de chaux, et surtout d'engrais complet (N.P.K.) en mélange avec la paille, a considérablement accru la vitesse de croissance des plants qui ont rapidement dépassé le témoin.

Enfin, l'apport d'engrais complet seul, a provoqué la croissance la plus rapide; au bout d'un mois et demi, on observait dans les traitements 8 et 10, des cotonniers de plus d'un mètre de haut, alors que dans le traitement 2 (paille seule), les plants n'avaient guère plus d'une dizaine de centimètres.

Ces considérations ont une grande importance du point de vue pratique, car dans les champs des cotons où les cotonniers sont

.../

(I) La teneur en azote des matières organiques utilisées est la suivante : crotalaire = 2% - graminée = 1% - paille de riz = 0,5%.

soumis aux adversités agricoles (aléa du climat, de l'irrigation, etc.), la rapidité de démarrage a une incidence considérable sur les rendements.

## 2°) Interprétation des courbes de croissance observées -

Le ralentissement de la croissance des cotonniers dans les sols ayant reçu de la matière organique est dû au fait que les bactéries qui dégradent la cellulose, utilisent l'azote minéral du sol, et privent ainsi les plantes cultivées de cet élément; l'action retardatrice est d'autant plus intense que la matière organique est plus riche en cellulose et plus pauvre en azote (paille de riz).

Dans le cas des feuilles vertes de légumineuse, riches en azote, l'action retardatrice est très faible, et la matière organique agit ensuite comme un véritable engrais azoté.

Les graminées en vert ont une action intermédiaire.

L'apport de chaux en élevant le p H, accroît l'activité biologique du sol et favorise la décomposition de la matière organique; en outre, la chaux neutralise les acides organiques quelque peu toxiques provenant de la fermentation des pailles.

Enfin, l'engrais complet, et en particulier l'azote provoque un développement intense des micro organismes cellulolytiques, sans que ceux-ci concurrencent les cotonniers; enfin, le phosphore intervient d'une façon considérable dans le développement de la plupart des micro-organismes qui provoquent l'humification des pailles.

Les engrais minéraux agissent non seulement sur l'alimentation des plantes cultivées, mais également sur la nutrition de la microflore du sol qui joue un rôle si important dans la fertilité.

## 3°) Analyse du sol -

C'est l'analyse du sol qui nous fournit de très loin, les résultats les plus intéressants; l'homogénéité des terres et des traitements rend les comparaisons rigoureuses, et les différences observées sont significatives.

### A) Action des matières organiques seules -

#### a) Bilan des matières organiques dans le sol -

Dans tous les traitements, le rapport C/N est voisin de 11; ce chiffre représente donc une caractéristique biologique du sol étudié, et dans tous les traitements, la matière organique a atteint une forme de décomposition stable.

Quelle que soit la forme de matière végétale incorporée au sol, le taux final de matière organique humifiée est constant; 0,98% contre 0,76 % dans le témoin, ce qui fait un accroissement de 0,22%.

Le taux de matière organique restant dans le sol par rapport à la quantité d'éléments végétaux introduite, est :

$$\frac{0,22}{2} = 11 \%$$

C'est le coefficient Isohumique de HENIN et DUPUY.

b) Bilan de l'azote

	Azote total	Azote accumulé dans le sol	Azote apporté par la m.o.
Témoin	N = 0,0365 %	0	0
Paille de riz	N = 0,045 %	0,0085 %	0,01 %
Graminée en vert	N = 0,042	0,0055 %	0,02 %
Crotalaire	N = 0,042	0,0055 %	0,04 %

Dans le cas de la paille de riz, la presque totalité de l'azote incorporé au sol se trouve sous forme d'humus.

Dans le cas des autres formes de matières organiques, une très importante fraction de l'azote introduit a été minéralisée.

Dans la mesure où l'on peut conclure aussi rapidement, dans des phénomènes aussi complexes, il ne semble pas qu'il y ait eu accumulation d'azote par fixation biologique d'azote atmosphérique, à moins que cette forme de l'azote n'ait été elle-même minéralisée.

B) Action des éléments minéraux sur l'accumulation des matières organiques

a) Chaux (traitement 6)

L'apport de chaux ne modifie pas les quantités de matière organique et d'azote restant dans le sol.

b) Apport d'engrais complet N.P.K. (traitements 7 et 9)

L'apport d'engrais complet mélangé à la paille de riz accroît considérablement les quantités de matière organique et d'azote restant dans le sol.

Bilan de la matière organique

	Mat. Org. %	C/N
- Chaux + paille de riz + N.P.K	1,24	12
- Chaux + paille de riz + N.P.K. Mg	1,14	11
- Chaux + paille de riz	1,02	11,5
- Paille de riz	0,98	11

Comparons les résultats obtenus pour une même valeur du rapport C/N.

L'accroissement du taux de matières organiques dans le traitement paille de riz, est de 0,22 %.

Dans le traitement "matière organique + chaux + N.P.K.Mg", l'accroissement du taux de matière organique par rapport au témoin est  $1,14 - 0,76 = 0,38$  %.

Proportion de matière organique restant dans le sol par rapport à la matière organique introduite :

Paille de riz

Paille de riz + chaux  
+ N.P.K.Mg

$$\frac{0,22}{2} = 11 \%$$

$$\frac{0,38}{2} = 19 \%$$

L'apport de chaux et d'engrais complet, en particulier d'azote, accroît presque du double le taux de matières organiques restant dans le sol.

Bilan de l'azote -

	N total %	N introduit %	Origine de l'azote %	N restant dans le sol %
Témoin	0,0365			
Paille de riz	0,045	0,01	MO 2%	0,0085
Paille de riz + chaux	0,045	0,01	MO 2%	0,0085
Paille de riz + chaux + N.P.K.	0,051	(0,01 (0,005 (0,015	MO 2% 4 2 SO (NH <sub>4</sub> ) 0,025%	0,0145
Paille de riz + chaux + NPK Mg	0,051	(0,01 (0,005 (0,015	MO 2% 4 2 SO (NH <sub>4</sub> ) 0,025%	0,0145

Comme nous le voyons, la presque totalité de l'azote introduit sous forme d'engrais est resté dans le sol, et c'est cela qui explique l'accroissement du taux de matières organiques sous l'influence de l'apport d'engrais minéraux.

L'azote minéral en présence d'un excès de matières organiques à C/N élevé, s'accumule dans le sol sous forme d'humus.

Les autres éléments (phosphore et potassium) interviennent vraisemblablement dans la nutrition des micro-organismes de l'humification.

Bilan du phosphore dans le sol

- Terres sans engrais phosphatés  
Teneur moyenne : P 205 % ° = 0,15

- Terres avec engrais phosphatés  
Teneur moyenne : P 205 % ° = 0,25

Accumulation de P 205 dans le sol : 0,1 %°

Apport de P 205 sous forme de phosphate tricalcique :  
0,05 % à 33 % P205 = 0,0165% soit 0,165 %° P205

Une très importante partie du P205 introduit se retrouve dans le sol.

### Bilan du calcium dans le sol

- Teneur moyenne des sols sans apport de chaux :  $\text{CaO} = 3,6 \%$
- Teneur moyenne des sols avec apport de chaux :  $\text{CaO} = 6,1 \%$
- Différence :  $2,5 \%$
- Apport de chaux vive :  $0,25 \%$  ou  $2,5 \%$

La chaux apportée au sol s'y retrouve intégralement; il n'y a donc pas eu dans ce cas, de phénomène de lessivage.

### Conclusion

La presque totalité des éléments minéraux introduits dans le sol, se retrouvent dans le sol après 7 mois de culture cotonnière et d'irrigation; les éléments qui n'ont pas été utilisés par les plantes enrichissent donc d'une façon considérable le "Capital sol".

### C) Action des engrais et amendements sur la structure du sol -

Là encore les résultats sont extrêmement nets et significatifs.

La matière organique employée seule accroît d'une manière générale le taux d'agréats stables.

Par contre, elle augmente plus qu'elle ne diminue le coefficient de dispersion. Elle agit peu sur la compacité des mottes sèches, et la perméabilité.

La chaux augmente peu la proportion d'agréats stables; par contre, elle diminue considérablement le coefficient de dispersion et la compacité des mottes sèches; elle accroît fortement la perméabilité.

Le mélange chaux + matières organiques, réunit les avantages des deux amendements; accroissement du taux d'agréats, diminution de la dispersion, diminution de la compacité des mottes, augmentation de la perméabilité ("chaux + matière organique" a un coefficient de perméabilité supérieur à "chaux seule").

L'addition d'engrais minéraux agit surtout sur le facteur matières organiques.

On observe un accroissement de la perméabilité, par rapport à "matière organique + chaux".

L'engrais complet seul, a une certaine action sur la structure; on observe une diminution de la dispersion et une augmentation de la perméabilité par rapport au témoin; il y a vraisemblablement action de la chaux du phosphate tricalcique (le p H du sol passe de 6,2 à 6,7) et déplacement du sodium par le sulfate d'ammoniaque.

### En résumé :

Parmi tous les traitements essayés, celui qui a l'action la plus favorable sur la structure du sol, est le traitement "chaux + paille de riz + engrais complet".



L'action de la chaux et de la matière organique sur la structure des sols est un phénomène déjà bien connu; par contre, on considérait jusqu'à présent à l'Office du Niger, les engrais minéraux comme agissant simplement sur l'alimentation des plantes, or il n'en est rien. Les engrais minéraux et en particulier l'azote, nourrissent la microflore du sol et accroissent les phénomènes biologiques qui jouent un rôle si important dans les propriétés physiques du sol; on observe un accroissement considérable de la teneur en matières organiques du sol, et en outre une action directe de certains éléments minéraux comme le calcium des phosphates, sur les propriétés physiques et physico-chimiques du sol.

NB - Ces résultats ont été obtenus sur sol Dian et jusqu'à nouvel ordre ne sont valables que pour ce type de sol.



CONCLUSION GENERALE SUR LES ESSAIS D'AMELIORATION  
DE LA STRUCTURE PHYSIQUE DES SOLS PAR L'EMPLOI DES  
AMENDEMENTS ORGANIQUES ET MINERAUX, ET DES ENGRAIS  
DU COMMERCE

La plupart des contrôles effectués sur le sol en place, même après plusieurs années d'expérimentation, montrent que, dans les conditions de la culture irriguée du Delta Central Nigérien, les engrais verts essayés n'augmentent le taux de matière organique du sol qu'avec une extrême lenteur; les engrais verts à base de crotonaire (légumineuse) employés en riziculture ne semblent pas avoir eu, dans les essais entrepris, une action beaucoup plus efficace que les engrais verts à base de sorgho, utilisés en culture cotonnière.

Les seuls résultats positifs obtenus jusqu'à présent avec le sorgho, proviennent d'essais où la matière organique constitue un apport extérieur, réalisant ainsi un gain appréciable d'azote en même temps que de matière carbonée pour le sol.

L'azote apparaît comme le facteur limitant de l'accumulation des matières organiques dans le sol.

Pour que l'azote soit bloqué au maximum dans le sol, il faut un excès de carbone à forme de préférence ligneuse (paille de riz, paille de mil, etc.); par contre, quelle que soit la forme de carbone introduit dans le sol, elle est appelée à disparaître si elle n'entre en combinaison avec l'azote pour former de l'humus.

Pour une même quantité de matière organique (paille de riz) introduite dans le sol, l'addition de 2,5 kg (I) d'azote minéral (sulfate d'ammoniaque) par tonne de paille, double sensiblement le résidu humifié restant dans le sol.

D'autre part, l'enfouissement de pailles non décomposées dans le sol provoque un retard considérable dans le développement des jeunes plantes; l'apport d'engrais complet et en particulier d'azote, fait disparaître en grande partie cet inconvénient.

Pour l'enrichissement du sol en azote, il ne faut pas trop compter sur le phénomène de fixation d'azote atmosphérique par les azotobacters; outre que les formes de carbone stables (lignine) ne sont pas utilisées par les micro-organismes fixateurs, les rendements de la fixation sont trop faibles, et les petites quantités d'azote fixées ne compensent pas les énormes quantités de carbone brûlées, surtout lorsque ce carbone est obtenu en culture principale, et ne constitue pas le résidu bon marché d'une culture rémunératrice.

Il semble bien que le problème des engrais verts en culture principale ait besoin d'être étudié sur des bases nouvelles.

Un engrais vert, dont la matière organique contient une proportion convenable d'élément ligneux, doit être considéré avant tout comme une source de carbone organique pour le sol. (Le sol a un besoin en carbone, comme il a un besoin en n'importe quel autre élément.)

(I) Il faut apporter environ 5 kg d'azote par tonne de paille enfouie (d'après les auteurs métropolitains).

Ce carbone qui est coûteux (puisqu'obtenu en culture principale), ne doit pas être gaspillé pour la fixation, d'ailleurs aléatoire, de quelques kilos d'azote atmosphérique, par voie non symbiotique, mais utilisé au maximum pour la fabrication de l'humus, grâce à l'apport d'azote minéral par les engrais ou par les bactéries en symbiose (nodosités des légumineuses).

On ne peut conditionner l'emploi des engrais azotés en culture cotonnière à l'amélioration préalable du taux d'humus dans le sol par les engrais verts, car il est pratiquement impossible d'accroître le taux d'humus du sol sans accroître également le taux d'azote.

Si dans les sols argileux où la dégradation de la matière organique est relativement lente, il est possible d'accroître le taux d'humus par l'apport direct de paille et d'engrais du commerce, nous ne pouvons affirmer qu'il en sera de même dans le cas de sols sablonneux où la matière végétale quelle que soit la forme adoptée, est rapidement dégradée. Il se peut que dans ce dernier cas, le seul amendement humique efficace soit le fumier, (naturel ou artificiel).

A N N E X E N° 2

Evolution des sols  
de la Station de Kogoni

Comparaison de la zone cultivée depuis 5 ans (coton-coton-coton-engrais vert-coton) et de la zone d'extension ayant porté une seule culture de coton.

Entre les deux zones on observe une forte différence dans l'état des cotonniers beaucoup plus beaux dans la zone d'extension.

Analyse des matières organiques

		Zone ancienne	Zone d'extension
- Carbone	%	0,41	0.43
- Matières organiques totales	%	0,82	0.86
- Azote	%	0.042	0.048
- C/N		9.8	8.9
- P205	%	0.28	0.28

Après cinq années de culture, l'appauvrissement du sol est faible, l'azote diminue plus vite que le carbone, le rapport C/N augmente. L'abaissement des rendements est dû essentiellement au fait que l'azote minéral en abondance dans le sol vierge se trouve ensuite bloqué dans une matière organique à décomposition lente; en ce qui concerne le phosphore, il se produit vraisemblablement des phénomènes de remontée sous l'action des racines.

### III<sup>e</sup> Partie

#### ALIMENTATION MINERALE DES PLANTES

#### Relations entre la composition chimique du sol et la composition des végétaux

##### - Cas particulier de l'azote et du phosphore -

#### Introduction

Le matériel mis à notre disposition par les stations et les champs de la colonisation, nous a permis au début de nos recherches d'acquérir les premières données de base; mais à présent, la précision des études que nous pouvons effectuer sur ces milieux, est devenue tout à fait insuffisante.

Il est nécessaire dans ce domaine, (aussi bien que dans le domaine de la physique du sol) d'entreprendre des recherches sur des bases totalement nouvelles; l'utilisation de pots, de bacs de végétation, de cases lysimétriques, permettant une expérimentation rigoureuse sur le plus grand nombre de types de sol différents, est devenue une nécessité impérieuse. Les essais aux champs ne peuvent et ne doivent être que des essais de longue durée destinés à confirmer les résultats obtenus dans les milieux homogènes et bien définis dont nous avons parlé.

Dans les pages qui suivent, nous allons donner les résultats de différents contrôles effectués sur le sol en place; nous en tirerons quelques conclusions intéressantes dans certains cas extrêmes, mais dans l'ensemble, surtout en ce qui concerne le problème des bases échangeables, les résultats manquent de précision; il serait vain de poursuivre chaque année des contrôles de ce genre.

Enfin, si dans le cas du Riz, l'analyse de la plante entière à différents stades du développement, donne d'excellents résultats, par contre, l'analyse des feuilles de cotonnier à la floraison, que nous avons pratiquée jusqu'à présent, ne semble pas être un moyen de contrôle sensible de la fertilité; là encore, les méthodes de travail sont à modifier.

#### I<sup>e</sup> - CONTROLES EFFECTUES EN CULTURE RIZICOLE

##### A) Essai de longue durée de la Station de Kayo

###### a) But de l'essai :

Cet essai est entrepris dans le but de vérifier l'action sur les rendements et sur la composition des plantes, de l'appauvrissement graduel du sol sous l'influence des exportations des récoltes.

Cet essai est intéressant à poursuivre, mais ne donnera guère de renseignements précis qu'au bout d'une dizaine d'années, l'appauvrissement du sol étant, heureusement d'ailleurs, un phénomène assez lent.

###### b) Protocole expérimental :

On prélève cinq plants par parcelle sur la ligne médiane,

peu avant l'épiaison; on réalise un échantillon moyen au broyeur mécanique; ces prélèvements peuvent également être effectués à maturité.

Les échantillons de sol sont également prélevés entre 0 et 25 cm sur la ligne médiane de chaque parcelle; on fait trois prélèvements (un à chaque bout et un au milieu), et on réalise un échantillon moyen.

### Résultats obtenus

Peut-on tirer dès à présent des enseignements intéressants des résultats obtenus ?

L'observation des taux de P2O5 montre une certaine corrélation entre la composition des plantes, et les teneurs en acide phosphorique total (Méthode à l'acide nitrique concentré) dans le sol.

Le témoin N°2 est plus riche en cet élément, que le témoin N°1, l'apport d'azote diminue le taux de P2O5 dans la plante, cette diminution est plus forte dans l'essai 1 que dans l'essai 2.

En outre de cela, nous savons que dans les essais de la Station de Kayo, les taux d'acide phosphorique, dans le sol et dans les plantes, sont assez bons; les rendements sont élevés de 2.500 à 3.500 kg hectare, et les engrais phosphatés ne donnent que des excédents de rendement faibles ou nuls.

Ces résultats nous serviront donc de base de comparaison pour les études effectuées dans d'autres sols.

En ce qui concerne les bases échangeables, il y a peu de renseignements précis à tirer sauf une teneur généralement basse en magnésium, mais dont l'action est, peut-être, sans grande importance sur les rendements.

Quant à l'azote du sol, il agit davantage sur le développement des plants que sur leur teneur en azote. La composition des végétaux est fonction des proportions relatives entre les différents éléments fournis à la plante par le sol, plutôt que de leur teneur en valeur absolue.

Cette teneur agit par contre sur les rendements.

### B) Analyses de terres et de plantes effectuées dans le Secteur de Molodo.

Nous avons effectué divers prélèvements dans le Secteur de Molodo:

- prélèvements de pieds verts avant épiaison,
- prélèvements de paille et de grain à la récolte,
- prélèvements de terre.

Nous comparons deux types de sol :

- l'un, sol "Dian" argileux, portant des plants de haute taille à fort tallage, mais totalement versés à la récolte, (les tiges mûres ont 1m 70 de haut et sont encore vertes à la base),

- l'autre sol "Danga" sablonneux.

Les pieds ont environ 1 mètre de haut, tallage faible, la verse n'est que partielle.

### Résultats obtenus

La comparaison des résultats de l'analyse du sol et de l'analyse des plantes (avant épiaison et à maturité) avec les résultats correspondants obtenus à la station de Kayo, est assez instructive.

Le rendement (évalué à l'oeil d'après la récolte sur pied) semble être fonction de la teneur en azote total dans le sol.

Le taux d'acide phosphorique dans la plante est d'autant plus bas que le sol est plus pauvre en cet élément, et que la quantité d'azote fournie à la plante est plus élevée.

Il est intéressant de comparer les valeurs du rapport N/P2O5 dans les plantes, pour les différents types de sol, en tenant compte des apports d'azote minéral.

#### N/P2O5 en poids

	Molodo MI	Kayo + azote	Molodo M2	Kayo sans azote
Avant épiaison	5,2	3,05	2,2	2
Récolte paille	3,6	2,6	3,1	2,6
Paddy	2,55	1,55	2,8	1,4

Dans les terres du partiteur MI (Dian), noter les valeurs très élevées du rapport N/P2O5, vis à vis des résultats correspondants obtenus à la Station de Kayo, et qui représentent des valeurs moyennes; il y aurait donc dans ces sols un véritable déséquilibre azote-phosphore, provoqué par l'apport de sulfate d'ammoniaque. Ce déséquilibre n'est vraisemblablement pas étranger au phénomène de verse constaté régulièrement dans ces sols.

Dans les terres du partiteur M2 (Danga), le déséquilibre est un peu moins élevé (terres pauvres en azote et phosphore); l'apport de sulfate d'ammoniaque doit y provoquer un déséquilibre encore plus important que dans les terres "Dian".

### Conclusion

L'observation attentive du tableau de résultats montre donc une corrélation nette (mais non mathématique) entre la composition du sol, la composition des plantes, et les rendements.

Ceci est valable surtout dans le cas de l'azote et du phosphore.

En ce qui concerne les bases échangeables, les résultats sont plus difficiles à interpréter, nous indiquerons quelques principes généraux à la fin de ce rapport.

Remarque : Bien que permettant de tirer des conclusions intéressantes, en raison des différences considérables observées, les résultats ne sont pas rigoureusement comparables.

Les différences de p H, les propriétés physiques, interviennent dans les problèmes de l'alimentation minérale.

Comparer en particulier la porosité de l'horizon inférieur dans les différents types de sol :

Le sol Dian (Molodo MI) a un sous-sol très compact, alors que le sol Boi de Kayo a un horizon inférieur très poreux facilement accessible aux racines.

Les normes d'interprétation des résultats analytiques devraient être établies pour chaque type de sol; un travail considérable est à réaliser dans ce sens.

### C) Etude des sols de Rizière de Baguineda

A la suite de différentes études que nous avons faites sur les sols du Centre Rizicole de Baguineda, il a été décidé qu'un essai serait entrepris, afin de rechercher l'action des engrais phosphatés sur les rendements, les terres étant reconnues particulièrement pauvres en cet élément.

#### Protocole expérimental :

On a utilisé des grandes parcelles de 200 mètres de long sur 25 mètres de large (1/2 hectare); les traitements étaient les suivants :

1	Témoin	T
2	Phosphate naturel 500 Kg Ha	P
3	Sulfate d'ammoniaque 200 Kg Ha + Chlorure de potassium 200 "	NK
4	Sulfate d'ammoniaque 200 Chlorure de potassium 200 Phosphate de chaux 500	NPK
5	Chlorure de potassium 200	K

#### Observations en cours de végétation

Les observations faites à l'oeil sur le terrain en cours de végétation, ont montré une action favorable du traitement NK, mais surtout une action extrêmement marquée de l'engrais complet N.P.K. nettement supérieur à N.K.

On pouvait donc en déduire déjà une réaction à l'engrais phosphaté en présence d'azote.

L'apport de potassium semblait avoir une action dépressive.

Les prélèvements de plants effectués tous les 10 mètres sur la ligne médiane de chaque parcelle ont donné les résultats suivants :

Poids relatif de 15 plants (poids sec)  
un mois avant épisaison

T	100
P	150
NK	170
NPK	350
K	42



Ces résultats confirment les observations faites à l'œil, mais en outre montrent une action du phosphate seul, peu visible à l'œil sur le terrain.

#### Rendements en grain à la récolte

Les rendements rapportés à l'hectare sont les suivants :

T	=	1.580 Kg
P	=	1.540
NK	=	1.696
NPK	=	1.776
K	=	1.424

A part le traitement P, les résultats sont dans le même sens, que ceux observés en cours de végétation, par contre, les différences de rendement obtenues soit avec l'azote, soit avec le phosphore sont faibles.

#### Comment peut-on interpréter ces résultats

Noter que les rendements restent en moyenne faibles. L'action de l'azote est peu marquée en raison de la carence en phosphore, quant à l'engrais complet, nous estimons que la quantité d'engrais phosphaté apportée au sol est insuffisante pour corriger la forte carence; d'où les faibles résultats observés.

La supériorité du témoin sur le traitement P est accidentelle (La raison donnée par MR BOIGET Chef de centre, à savoir visite des animaux et des hommes dans la parcelle, est valable); le rendement moyen de la rizière d'essai est de 1.500 kg.

L'action dépressive du potassium s'explique parfaitement; nous avons déjà à plusieurs reprises constaté un antagonisme entre l'absorption du phosphore et du potassium par les plantes. L'apport de potassium diminue l'absorption de phosphore, d'où dépression du rendement.

#### Analyse des plantes et des récoltes

L'analyse des plantes vient confirmer tous les résultats exposés ci-dessus.

1°) Noter la différence de teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dans le témoin de Baguineda et dans le témoin de Kayo, dans la parcelle P de Baguineda et la parcelle P de Kayo, etc.. (avant épiaison et à la récolte).

Noter les différences de rendement.

2°) L'apport de phosphore du sol augmente légèrement la teneur des plantes en cet élément, mais d'une façon tout à fait insuffisante (comparer P et T - NPK et NK); à la récolte la teneur du grain en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dans la parcelle P, est inférieure à cette même teneur dans la parcelle T.

3°) L'apport de NK seul abaisse fortement la teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dans la plante par rapport au témoin.

4°) L'apport de K abaisse également la teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dans la plante.



Dans l'essai de Kayo, on retrouve l'action dépressive de NK et de K sur les teneurs en acide phosphorique, mais l'abaissement de ces teneurs n'est pas suffisant pour avoir une action dépressive nette sur les rendements comme à Baguineda.

### Conclusion :

Bien que les résultats soient à première vue peu significatifs, ils confirment néanmoins l'action de l'acide phosphorique sur les rendements. L'azote joue également un rôle essentiel, mais est limité par la carence en phosphore.

Il est nécessaire pour provoquer le relèvement des rendements, de continuer à apporter du phosphore et de l'azote dans les sols de Baguineda jusqu'à ce que la composition des plantes soit presque égale à la composition correspondante dans les riz de Kayo.

Ce n'est pas en une année que l'on redonne la fertilité initiale dans un sol fortement appauvri.

Nous conseillons donc de poursuivre l'essai, en apportant à nouveau 200 Kg de sulfate d'ammoniaque et 500 Kg de phosphate de chaux, quant au potassium, étant donné son action plutôt dépressive, il y aurait peut-être lieu de le supprimer pour l'instant.

### Essai en pots sur les terres de Baguineda

Les essais ont été effectués sur 10 kg de terre prélevés dans les champs d'essai de Baguineda.

Les engrais apportés étaient les suivants :

T	Témoïn	Quantités d'élément rapportées à l'hectare	
PK	Phosphate mono potassique	(500 kg hectare (200 kg hectare	P205 K20
NK	Sulfate d'ammoniaque + chlorure de potassium	(100 kg hectare (200 kg hectaire	N K20
NPK	Sulfate d'ammoniaque et phosphate mono potassique	(100 kg (200 kg (500 kg	N K20 P205

Dans les traitements PK et NPK, nous avons rajouté 500 kg hectare environ de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  pour se rapprocher de l'action d'un phosphate de chaux naturel.

Les engrais utilisés sont des sels purs solubles pour analyse.

### Résultats obtenus

	Paille	Grain
T	36 gr	5 gr
PK	40 gr	20 gr
NK	35 gr	3 gr
NPK	52 gr	10 gr

Dans le traitement PK, l'épiaison et la maturité se sont faites 7 jours avant NPK (I) et T, 15 jours avant NK.

Noter l'action du phosphore sur la formation des grains.

L'azote augmente la paille sans augmenter le grain.

L'apport d'une forte quantité d'azote et de potassium sans apport de phosphore, a une action dépressive sur les rendements.

#### D- Relations entre les teneurs en azote et phosphore dans les plantes et le sol.

Nous avons rassemblé dans un tableau, les résultats de l'analyse des plants de riz (avant épiaison) avec et sans apport d'azote minéral, et les résultats de l'analyse des sols.

Nous constatons en gros une relation entre les rendements et les teneurs en azote total dans les sols.

Les taux de P2O5 dans les plantes dépendent des teneurs correspondantes en acide phosphorique total dans les sols, mais aussi des rendements.

L'apport d'azote minéral réalise des conditions plus homogènes, et rend la corrélation, P2O5 sol, P2O5 plante, beaucoup plus nette (voir graphique).

Comment peut-on expliquer ces corrélations entre les teneurs en éléments totaux dans le sol, la composition des plantes et les rendements.

##### 1°) Azote total

Pour des valeurs voisines du rapport C/N (3 à 10), ce qui est le cas pour les différents sols étudiés, le coefficient d'utilisation annuel de l'azote total du sol est peu variable, et en moyenne de 2%.

##### 2°) Acide phosphorique total

D'après H. EHRHART, il n'y a pratiquement pas d'acide phosphorique sous forme de minéraux primaires dans les sols alluvionnaires du Delta Nigérien.

Nous avons constaté depuis longtemps une certaine corrélation entre les teneurs en acide phosphorique total dans les sols, et les teneurs correspondantes en matières organiques. Cette corrélation n'est valable que pour les sols vierges; dans les sols cultivés, les taux d'acide phosphorique peuvent s'abaisser considérablement alors que les taux de matières organiques se maintiennent.

(I) Nous avons essayé aussi un traitement NPK Mg avec 100 Kg de magnésium; on a observé une avance à l'épiaison par rapport à NPK mais des poules sont venues manger les grains.

Il ne semble pas par contre qu'il y ait corrélation entre le taux d'argile et le taux de P2O5.

Une forme dominante de l'acide phosphorique dans les sols serait donc la forme organique. Il s'agirait non pas de complexes phospho humiques assimilables et solubles dans l'acide citrique à 2%, mais de composés organiques stables (phytine, nucléoprotéines, phospholipides) ou de certaines formes de décomposition de ces corps, insolubles dans l'acide citrique (les taux de P2O5 assimilable du sol sont très faibles), mais détruits par l'acide nitrique concentré.

Quant à l'utilisation de ces éléments par les plantes, elle se ferait par voie de minéralisation biologique, un peu dans les mêmes proportions que la minéralisation de l'azote.

Ce n'est là évidemment qu'une hypothèse, mais qui explique assez bien les phénomènes observés.

Remarque : Les très faibles teneurs en P2O5 (assimilable) correspondant à des teneurs très faibles en "colloïdes humiques". Lorsque les teneurs en "colloïdes humiques" augmentent, les teneurs en P2O5 assimilable augmentent également (sols du Delta vif.)

## II°-CONTROLES EFFECTUES EN CULTURE COTONNIERE

Nous avons prélevé, en colonisation, dans la région de Niono, des échantillons de terre, et des échantillons de feuilles de cotonnier à la floraison.

Ce travail sert essentiellement à compléter, l'étude de l'évolution des sols dans le temps, que nous avons entreprise dans ce secteur (I) -

Il y a peu de renseignements à tirer de ces résultats.

La composition des feuilles dépend beaucoup plus de la proportion relative des différents éléments minéraux du sol, que de leur teneur en valeur absolue.

D'autre part, la rapidité de minéralisation est fonction de la nature du sol, davantage qu'en culture rizicole.

Quant aux rendements, il est difficile de les connaître avec précision en colonisation, et en conséquence, il serait vain de vouloir faire des comparaisons de détail.

Peut-on établir cependant une corrélation d'ensemble entre les rendements moyens observés, et la richesse des sols en azote, acide phosphorique et bases échangeables.

Si l'on considère les rendements moyens obtenus en culture cotonnière, et particulièrement les rendements des sols vierges où les propriétés physiques n'ont pas encore été détériorées par les irrigations, (voir par exemple les rendements du secteur de N'Débougou), on

(I) Voir : Etude des sols des différents centres de colonisation de l'Office du Niger.

peut obtenir dans les terres Dian et Moursi, relativement riches en azote et acide phosphorique, et ayant un p H élevé, des rendements variant de 1.500 à 1.700 kg de coton graine à l'hectare, alors que dans les terres Danga ou Danga blé, moins riches en ces éléments et plus acides, les rendements moyens (sans engrais ni amendements), dépassent rarement la tonne.

En seconde année, les propriétés physiques sont moins bonnes, l'azote minéral (abondant dans les sols vierges) est bloqué dans des matières organiques non décomposées, et les rendements peuvent s'abaisser de moitié surtout dans les terres Dian.

Pour retrouver les rendements de la première année, il faut refaire la structure du sol par un bon scarifiage, laisser aux matières organiques le temps de se décomposer (jachère nue), et au besoin apporter un peu d'azote minéral.

Les rendements de première année doivent être considérés comme des rendements maximums, qu'il est impossible de dépasser sans apports d'engrais.

Or, si l'on admet une surface comportant la moitié de Danga et Danga blé, et la moitié de Dian ou Moursi, le rendement maximum est donc de 1.300 kg hectare. (Rendement qui ne peut d'ailleurs être obtenu qu'après jachère); étant donné les adversités agricoles (sur les grandes surfaces), ces rendements moyens peuvent descendre à 1.100 kg.

Médiocrement cultivés, ces sols donnent des rendements moyens de 600 Kg ha (Secteur de Niono).

L'action des conditions culturales peut faire passer les rendements moyens de 600 à 1.100 kg, mais si l'on veut des rendements moyens plus élevés que 1.100 kg, il est absolument nécessaire d'apporter des engrais à base d'azote, et de phosphate de chaux, surtout dans les terres Danga (I). (Dans les terres Dian et Moursi, il suffit généralement de compenser les exportations de récoltes).

#### Résultats obtenus à la Station de Kogoni

A la Station de Kogoni, on a observé en première année (coton Egyptien) des rendements de près de 2 tonnes ha. En seconde année, les rendements sont parfois descendus à 1.000 kg; même moins.

On a beaucoup invoqué l'action des propriétés physiques du sol, et l'instabilité de la structure due à une trop faible teneur en matières organiques. Or cette teneur en matières organiques n'est pas plus faible en deuxième année qu'en première année, et elle semble même être particulièrement stable.

La destruction de la structure est donc une destruction purement mécanique due à l'eau; on peut donc y remédier par des moyens mécaniques, (Labour, scarifiage, sous-solage).

(I) Le terme "Danga" est trop vague; en fait les besoins sont très variables suivant les emplacements.

Les propriétés physiques intrinsèques, elles, sont les mêmes puisque les teneurs en matières organiques, calcium échangeable, etc.. n'ont pas changé. (I)

(On peut invoquer aussi l'action constructive des micro-organismes; c'est là un rôle essentiel de la jachère).

Un autre facteur qu'il faudrait également invoquer, est le blocage de l'azote minéral (abondant en sol vierge ou après jachère) dans des matières organiques non décomposées.

Au Soudan Anglo Egyptien, on attache une très grande importance à ce phénomène.

#### Essais d'Engrais réalisés à Kogoni

Divers essais d'engrais ont été réalisés à la Station de Kogoni. Les résultats n'ont pas été pris en considération en raison de l'importance primordiale des propriétés physiques sur les rendements. Bien que nous ne disposions pas encore de tous les résultats nécessaires, le tableau ci-joint montre comment les propriétés chimiques des sols interviennent également dans l'action des engrais, et peuvent expliquer des résultats en apparence contradictoires, obtenus dans des essais effectués dans un même type de sol, mais sur des emplacements différents.

Nous joignons également des résultats obtenus au Soudan Anglo Egyptien. (Noter la richesse minérale de ces sols, excepté en ce qui concerne l'azote).

#### CONCLUSION GENERALE

Le problème de l'alimentation des plantes et de l'utilisation des engrais est généralement considéré comme secondaire à côté des questions de structure du sol.

Sans méconnaître l'importance des propriétés physiques, nous pensons qu'il y aurait lieu d'adopter des solutions plus nuancées. En fait (à part le sulfate d'ammoniaque, en culture rizicole), les engrais du commerce (et en particulier les phosphates) ne sont pratiquement pas employés à l'Office du Niger. Nous estimons, pour notre part, que c'est là une attitude dangereuse.

On conditionne généralement l'emploi des engrais (même des engrais azotés) en culture cotonnière, à l'amélioration préalable du taux de matières organiques dans le sol par les engrais verts.

Or nous avons vu que l'amélioration du taux de matières organiques dans le sol est considérablement influencée par l'apport d'engrais azotés.

(I) Cela d'ailleurs n'empêche pas de tenter l'amélioration des propriétés physiques intrinsèques par l'apport de matière organique et de chaux, le problème est plutôt d'ordre économique, car ces améliorations sont coûteuses.

Les engrais minéraux agissent également sur l'intensité du développement des micro-organismes du sol, qui jouent un rôle important dans l'élaboration de la structure du sol et dans sa fertilité générale. En outre, les éléments basiques en particulier le calcium des phosphates, ont une action directe sur la structure.

Nous avons vu enfin que l'accroissement du taux de matières organiques dans le sol était un phénomène extrêmement lent.

Or, il est admis à la suite de nos travaux antérieurs sur l'alimentation des plantes et les réserves du sol, qu'il est prudent de prévoir au moins une fumure d'entretien.

On ne doit pas attendre pour apporter la fumure d'entretien nécessaire, d'avoir accru le taux de matières organiques du sol de 2% par l'emploi des engrais verts, sinon on risque fort de constater un appauvrissement des sols (surtout en  $P^{205}$ ) provoquant un abaissement général de la fertilité qu'il est difficile ensuite de ramener à sa valeur initiale.

D'autre part, il ne faudrait pas considérer les sols du Delta comme uniformément riches en éléments minéraux. Si certains sols, Dian, Moursi, Boi fing, etc., ont une richesse minérale correcte et même bonne, d'autres (Danga, Danga fing, Danga blé, etc..) sont beaucoup moins riches en éléments minéraux; et ont besoin dès le début d'une fumure équilibrée, si l'on veut accroître leur potentiel maximum de productivité (ce qui est nécessaire si l'on veut obtenir des rendements moyens très élevés.

L'apport d'engrais minéraux, même s'il ne donne pas l'année suivante un résultat significatif et payant, constitue-t-il vraiment une dépense inutile ?

Nous ne le pensons pas.

Nous avons vu que les éléments apportés au sol par les engrais pouvaient s'accumuler dans le sol (du moins en culture cotonnière).

Ces éléments, même s'ils ne sont pas utilisés en totalité l'année qui suit leur apport, viennent cependant enrichir le "capital sol" et accroître ainsi son potentiel maximum de productivité.